

# IMPLEMENTASI MOVING AVERAGE FILTER PADA MIKROKONTROLER SEBAGAI PEREDAM NOISE SENSOR PIEZO ELEKTRIK UNTUK MENDETEKSI GELOMBANG SEISMIK (GEMPA BUMI)

Zulharbi<sup>1</sup>  
Politeknik Negeri Padang

Firdaus<sup>2</sup>  
Politeknik Negeri Padang

Yul Antonisfia<sup>3</sup>  
Politeknik Negeri Padang

Sarjon Defit<sup>4</sup>  
Universitas Putra Indonesia (UPI)  
YPTK Padang

## ABSTRAK

Getaran akibat gempa bumi akan mengakibatkan adanya frekuensi gelombang seismik dengan frekuensi rendah (0Hz - 20Hz), untuk mendeteksi keberadaan frekuensi gelombang seismik tersebut dapat menggunakan sensor piezo elektrik. Piezo elektrik adalah sebuah sensor seismik yang mempunyai getaran gempa beramplitudo rendah dan sangat mudah terkontaminasi noise sehingga dibutuhkan filter untuk meredam sinyal noise tersebut. Moving Average (MA) filter adalah suatu metode yang sederhana dan berguna untuk menapis derau acak yang terdapat pada derau asli. MA filter bekerja dengan cara meratakan sejumlah titik tertentu dari isyarat masukan untuk menghasilkan tiap titik dari isyarat luaran. Gelombang seismik (getaran buatan) pada penelitian ini adalah dengan memberikan amplitudo sensor piezo PVDF antara 3mm, 5mm, 7mm, 9mm dan 12mm pada frekuensi 2 Hz (konstan). Sensor piezo mendeteksi kekuatan getaran buatan dengan menggunakan Moving Average Filter yang menghasilkan nilai SNR (signal to noise ratio) lebih kecil dibandingkan tidak menggunakan MAF. Nilai PGA (peak ground acceleration) dalam satuan gravitasi akan tinggi pada saat sinyal amplitudo getaran yang diberikan juga tinggi (PGA = 0,01G pada saat amplitudo getaran 3mm dan 1,43G pada saat amplitudo getaran 12 mm).

**Kata Kunci :** *moving average filter, gelombang seismik (gempa bumi), piezoelektrik, mikrokontroler*

## I. PENDAHULUAN

### Latar belakang

Wilayah Indonesia merupakan daerah di antara pertemuan dua lempeng benua besar (lempeng Eurasia dan lempeng Indo-Australia) dan patahan (sesar) semangka, sehingga sangat sering terjadi getaran seismik (gempa bumi). Gempa bumi adalah merupakan bencana alam yang tidak dapat diperkirakan kapan akan terjadi dan akibat dari gempa bumi ini sangat besar. BMKG (Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika) memiliki peralatan yang canggih untuk mendeteksi dan memantau keadaan pasca gempabumi

serta memberikan informasi keadaan yang mungkin terjadi (bencana alam), harga peralatan tersebut sangat mahal, BMKG hanya memiliki peralatan sedikit dan berada disekitar daerah rawan bencana sehingga informasi pasca gempa lambat sampainya ke masyarakat.

Peralatan-peralatan untuk mendeteksi kekuatan gempabumi banyak berkembang yang memanfaatkan sensor-sensor getaran piezo-elektrik atau accelerometer. Dengan berkembangnya alat pendeteksi gempa bumi dan wilayah Sumatra Barat khususnya (Indonesia umumnya terletak antara pertemuan dua lempeng benua besar yang mempunyai potensi terjadinya gempabumi dan minimnya sarana informasi keadaan pasca gempa serta untuk menerapkan

teknologi yang tepat guna, sehingga berkembang ide membuat alat untuk mendeteksi kekuatan gempa menerapkan Moving Average Filter yang bertujuan untuk memberikan informasi kepada masyarakat di daerah yang jauh dari pusat informasi (BMKG).

### Tujuan dan Manfaat

- Menerapkan dan memanfaatkan serta menguji karakteristik komponen elektronik sederhana (sensor piezoelektrik) untuk mendeteksi kekuatan gempa.
- Membantu BMKG memberikan informasi dan membuat peralatan elektronika yang dapat mendeteksi kekuatan gempabumi.
- Mengamati implementasi Moving Average Filter pada sensor piezoelektrik akibat adanya noise yang dihasilkan getaran buatan dapat bekerja sesuai dengan yang diharapkan.
- Mensinergi penelitian di Politeknik Negeri Padang dengan kebijakan dan program pembangunan nasional melalui pemanfaatan teknologi tepat guna serta pemanfaatan sarana dan prasarana penelitian yang ada di Politeknik Negeri Padang.

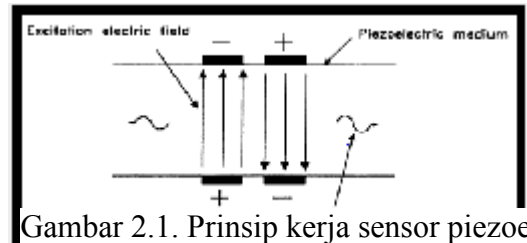
## II. TEORI DASAR

### Sensor Piezoelektrik

Perubahan variasi sifat material dapat ditinjau sebagai gambaran umum dari hubungan antara sifat kimia dengan sensor. Masa dan kecepatan adalah sifat yang penting untuk sensor piezoelektrik. Oleh karena itu *microbalances* dan *microviscometers*, menggunakan kristal piezoelektrik, dinyatakan sebagai suatu sistem sensor. Kompresi dari suatu kristal *quartz* menghasilkan suatu potensial listrik. Satu prinsip yang dapat meninjau efek ini untuk membangkitkan gelombang akustik pada bendap padat dengan mengaplikasikan potensial listrik bolak-balik ke suatu material piezoelektrik ditunjukkan pada gambar 2.1. Gelombang akustik, khususnya frekuensi dan *resonant resistance*, sangat dipengaruhi oleh kondisi batas yang

dibentuk oleh dimensi fisik dari alat dan oleh sifat fisik dari material disepanjang lintasan gelombang.

Sensor piezoelektrik adalah peralatan



Gambar 2.1. Prinsip kerja sensor piezoelektrik

elektronik pasif berfase padat (*solid-state*) yang dapat merespon perubahan temperature, tekanan, dan yang paling penting merespon sifat fisik (*physical properties*) pada suatu *interface* antara permukaan alat dan fluida atau padatan asing. Perubahan pada sifat fisik antara lain seperti masa jenis, kelistrikan, viskositas, dan ketebalan lapisan. Sensor piezoelektrik beroperasi dengan mengobservasi penyebaran dari suatu gelombang akustik melalui *solid-state device*. Deteksi sensor dilakukan dengan meninjau korelasi variasi penyebaran gelombang akustik ke sejumlah perekam *analyte* pada permukaan dan kemudian ke konsentrasi *analyte* di dalam sampel yang tertangkap sensor atau dikorelasikan dengan perubahan pada sifat fisik dari *interfacial thin films*.

Piezoelektrisitas adalah sebuah fenomena saat sebuah gaya yang diterapkan pada suatu segmen bahan menimbulkan muatan listrik pada permukaan segmen tersebut. Sumber fenomena ini adalah adanya distribusi muatan listrik pada sel sel kristal. Nilai koefisien muatan piezoelektrik berada pada rentang 1 – 100 *pico coulomb/Newton*.



Gambar 2.2. Piezo Vibration Sensor

Salah satu kelemahan dari sensor piezoelektrik adalah sensor tersebut tidak

dapat digunakan untuk pengukuran yang benar-benar statis. Sebuah gaya statis akan menghasilkan jumlah nilai yang tetap pada bahan piezoelektrik. Ketika bekerja dengan pembacaan elektronik konvensional, bahan isolasi tidak sempurna dan pengurangan dari perlawanan sensor internal akan berakibat pada hilangnya konstan elektron serta menghasilkan penurunan sinyal. Peningkatan suhu menyebabkan penurunan tambahan dalam resistansi internal dan sensitivitas. Efek utama pada efek piezoelektrik adalah dengan meningkatnya beban tekanan dan suhu, sensitivitas berkurang karena *twin-formation*. Sementara sensor kuarsa perlu didinginkan selama pengukuran pada suhu di atas 300 °C, jenis khusus dari kristal seperti fosfat galium (GaPO<sub>4</sub>) tidak menunjukkan formasi kembar sampai titik leleh bahan itu sendiri.

### Mikrokontroler (Modul Arduino Uno R3)

Arduino adalah platform hardware terbuka yang ditujukan kepada siapa saja yang ingin membuat purwarupa peralatan elektronik interaktif berdasarkan hardware dan software yang fleksibel dan mudah digunakan. Mikrokontroler diprogram menggunakan bahasa pemrograman arduino yang memiliki kemiripan syntax dengan bahasa pemrograman C. Karena sifatnya yang terbuka maka siapa saja dapat mengunduh skema hardware arduino dan membangunnya.



Gambar 2.3. Modul Arduino Uno R3

Arduino menggunakan keluarga mikrokontroler ATmega yang dirilis oleh Atmel sebagai basis, namun ada individu/perusahaan yang membuat clone arduino dengan menggunakan mikrokontroler lain dan tetap kompatibel dengan arduino pada level hardware. Untuk

fleksibilitas, program dimasukkan melalui bootloader meskipun ada opsi untuk membypass bootloader dan menggunakan downloader untuk memprogram mikrokontroler secara langsung melalui port ISP.

Ada beberapa tipe board Arduino yang telah dirilis tetapi yang umum digunakan saat ini adalah Arduino Uno dan Arduino Mega. Kali ini kita akan membahas Arduino Uno, berikut adalah spesifikasi dari Arduino Uno R3 :

Tabel 2.1. Spesifikasi Arduino Uno R3

Mikrokontroler	ATMEGA328
Tegangan Catu Daya	5 V
Tegangan Input (Rekomendasi)	7V – 12V
Tegangan Input (Batas)	6V - 20V
Jumlah digital I/O pin	14 (6 diantaranya dapat digunakan untuk output PWM)
Jumlah analog pin	6
Besar arus per pin I/O	40 mA
Besar arus untuk pin 3.3V	50 mA
Kapasitas flash memory	32 KB (0.5 KB telah digunakan oleh bootloader)
SRAM	2 KB
EEPROM	1 KB
Kecepatan Clock	16 MHz

### Gelombang Seismik (Gempabumi)

Gelombang seismik adalah strain dinamik atau strain elastik yang berubah terhadap waktu yang merambat melalui material elastik seperti batuan sebagai tanggapan terhadap suatu gangguan dinamik. Gelombang seismik atau gelombang elastik terdiri atas dua jenis, yaitu gelombang tubuh (body wave) dan gelombang permukaan (surface wave).

Metode seismik memanfaatkan penjalaran gelombang seismik ke dalam bumi. Yang menjadi objek perhatian utama pada rekaman gelombang seismik dalam metode ini ialah body wave. Gelombang ini merupakan gelombang yang energinya ditransfer melalui medium di dalam bumi. Sedangkan pada surface wave transfer

energinya pada permukaan bebas, tidak terjadi penetrasi ke dalam medium bumi dan hanya merambat di permukaan bumi saja. Body wave dibagi menjadi dua macam, yaitu:

P-wave atau gelombang-P/gelombang primer. Gelombang ini adalah gelombang longitudinal dimana arah pergerakan partikel akan searah dengan arah rambat gelombang. S-wave atau gelombang-S/gelombang sekunder. Gelombang ini adalah gelombang transversal dimana arah pergerakan partikel akan tegak lurus dengan arah rambat gelombang.

Kecepatan gelombang-P lebih besar daripada gelombang-S (jika merambat dalam medium yang sama). Gelombang-P merupakan gelombang yang pertama kali sampai dan terdeteksi oleh receiver (hydrophone atau geophone). Sedangkan gelombang-S kadang tidak terdeteksi oleh receiver untuk jarak yang dekat dengan sumber.

Gempa bumi adalah getaran di tanah yang disebabkan oleh gerakan permukaan bumi. Gempa bumi yang kuat dapat menyebabkan kerusakan besar bagi gedung, jembatan dan bangunan lain, termasuk korban nyawa. Permukaan bumi terbentuk dari lapisan batuan paling luar yang disebut kerak bumi. Kerak bumi yang pecah membentuk potongan-potongan besar yang saling berpasangan, seperti kepingan puzzle yang besar. Potongan-potongan ini disebut lempeng. Lempeng ini bergerak perlahan dan mendesak bebatuan. Akibatnya, tekanan bertambah besar. Jika tekanan semakin besar, bebatuan bawah tanah akan pecah dan terangkat. Pelepasan tekanan ini merambatkan getaran yang menyebabkan gempa bumi. Setiap tahun, terjadi sekitar 11 juta gempa bumi dan 34.000-nya cukup kuat untuk kita rasakan.

Di bawah kerak bumi terdapat lapisan lunak terbentuk dari batuan panas yang lumer. Kerak bumi yang terbentuk dari nikel dan besi dengan bahagian yang padat ditengahnya. Kerak tersebut bisa mencapai ketebalan 70 km di bawah barisan pengunungan terbesar di dunia. Kebanyakan gempa bumi berasal dari kerak bumi. Kadang-kadang gempa bumi juga

bisa terjadi pada kedalaman 700 km di bawah permukaan bumi. Atas dasar kedalaman dari posisi gempa, gempa dapat dikategorikan atas 3 kategori:

1. Gempa dangkal, (Hypocenter terletak pada kedalaman 0 – 65 km)
2. Gempa sedang, (Hypocenter terletak pada kedalaman 65 – 200 km)
3. Gempa dalam, (Hypocenter terletak pada kedalaman > 200 km)

### Moving Average Filter

Moving Average Filter (MAF) merupakan jenis filter yang sederhana dan berguna untuk menapis derau acak yang terdapat pada derau asli. MAF bekerja dengan cara meratakan sejumlah titik tertentu dari isyarat masukan untuk menghasilkan tiap titik dari isyarat luaran. MAF dirumuskan dalam bentuk persamaan :

$$y(i) = \frac{1}{M} \sum_{j=0}^{M-1} x(i+j)$$

Misalkan  $x(t)$  menunjukkan masukan,  $y(t)$  menunjukkan keluaran dan  $M$  merupakan panjang dari MAF, sehingga ada dua pengoperasian dari MAF yaitu sebagai berikut :

1. One side averaging (merata pada satu sisi)

Agar lebih mudah untuk memahaminya, kita ambil contoh sederhana dengan  $M=5$ ,

$$y(3) = \frac{x(3) + x(4) + x(5) + x(6) + x(7)}{5}$$

Sehingga penjumlahan dimulai dari  $j = 0$  sampai  $M = 4$

2. Symmetrical averaging (merata secara simetris)

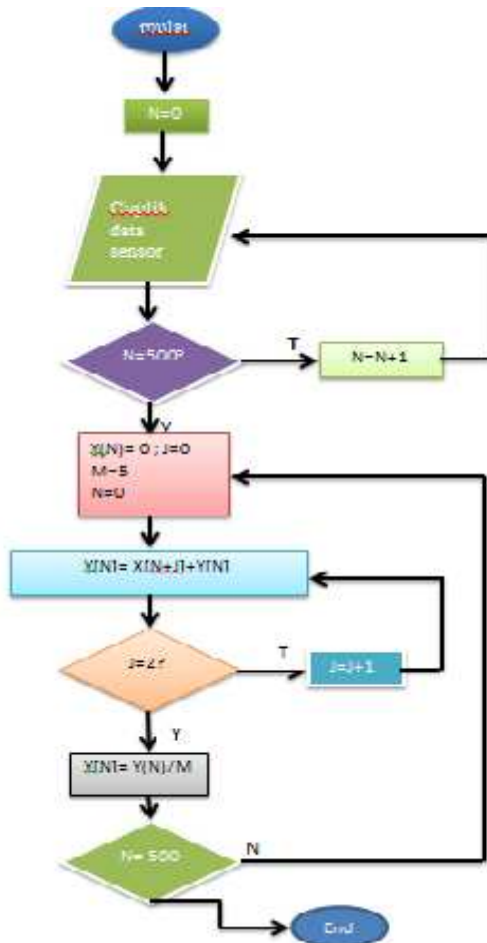
Agar lebih mudah untuk memahaminya, kita ambil contoh sederhana dengan  $M=5$ :

$$y(3) = \frac{x(3) + x(4) + x(5) + x(6) + x(7)}{5}$$

Pada bagian ini, rentang penjumlahan diubah menjadi :

$$-\frac{(M-1)}{2} \text{ sampai } \frac{M-1}{2}$$

Jika diperhatikan bahwasanya MA ini merupakan konvolusi isyarat input dengan sebuah kernel filter berbentuk pulsa kotak dengan amplitudo satu, pengali skalar  $1/M$  dikeluarkan karena hanya sebuah scalar. Biasanya symmetrical averaging lebih sering digunakan dibanding yang lain. Berikut flowchart (proses) menggunakan Moving Average Filter (gambar 2.4).



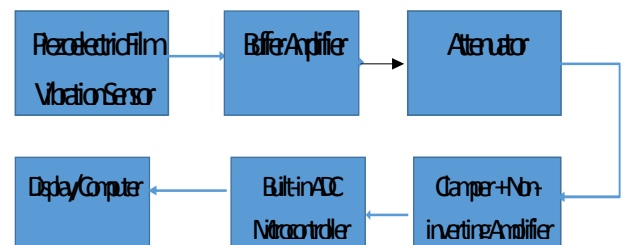
Gambar 2.4. Flowchart Moving Average Filter

### III. METODE PENELITIAN

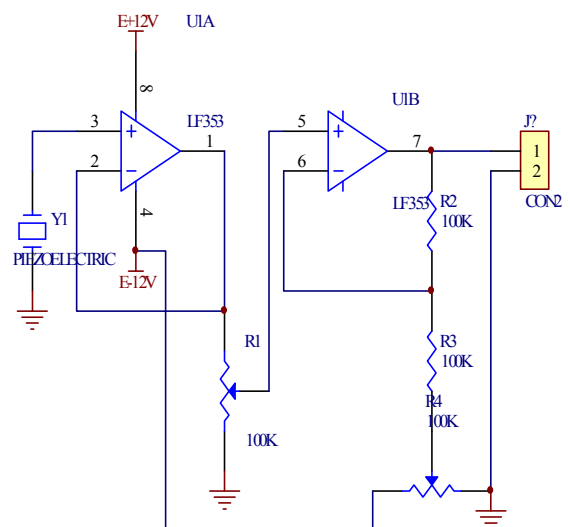
Untuk menyelesaikan penelitian Implementasi Moving Average Filter pada Mikrokontroller sebagai peredam noise sensor piezo-elektrik untuk mendeteksi gelombang seismic (getaran buatan) menggunakan metode yang dilakukan sebagai berikut :

- Membuat dan menguji sensor piezo-elektronik (seismograp), sensor ini diharapkan dapat mendeteksi adanya gelombang seismic

- Membuat dan menguji rangkain getaran buatan (seismic frekuensi rendah 3Hz) dengan amplitudo 4mm, 5mm, 7mm, 9mm dan 12mm.
- Merancang, membuat dan menguji rangkaian elektronika sehingga diharapkan gelombang seismic yang dihasilkan piezo-elektrik PVDF.
- Menerapkan Moving Average Filter pada sensor piezo-elektrik sehingga noise yang dihasilkan gelombang seismic dapat dihilangkan/diredam.
- Membuat hasil luaran (tampilan) nilai gelombang seismic yang dideteksi oleh sensor piezo dalam bentuk Gravitasi.



Gambar 3.1 Diagram blok sistem



Gambar 3.2 Rangkaian buffer amplifier

### IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Sensor Piezoelectric (Y1) yang digunakan adalah berbahan PVDF dengan impedansi output yang sangat besar karena bersifat kapasitif. Oleh karena itu untuk mendapatkan sinyal output yang optimal maka beban yang terhubung ke sensor harus minimal sama dengan impedansi output



sensor tersebut. Keuntungan menggunakan beban dengan impedansi tinggi membuat frekuensi cut-off sensor akan menurun sebab sensor ini memiliki tanggapan frekuensi layaknya high pass filter sehingga bandwidth akan melebar dan sensor mampu merespon getaran frekuensi rendah.

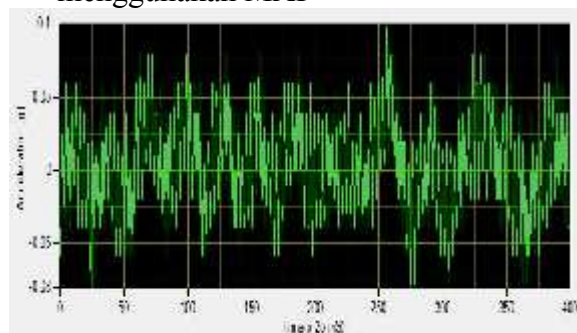
Operational amplifier jenis FET seperti LF353 (U1) memiliki impedansi input sangat besar (hingga  $1\text{ T}\Omega$ ) dan impedansi outputnya rendah. Karakteristik seperti ini dibutuhkan untuk menghindari loading effect sensor yang terhubung langsung ke attenuator berupa potensiometer (R1) yang memiliki resistansi rendah. Jadi Buffer Amplifiernya berfungsi sebagai penyesuai impedansi dengan gain 1.

Attenuator berguna untuk menurunkan tegangan karena tegangan output buffer memiliki range  $\pm 12$  Volt sedangkan adc yang ada pada Microcontroller dapat mencuplik data antara 0 – 5 V dc.

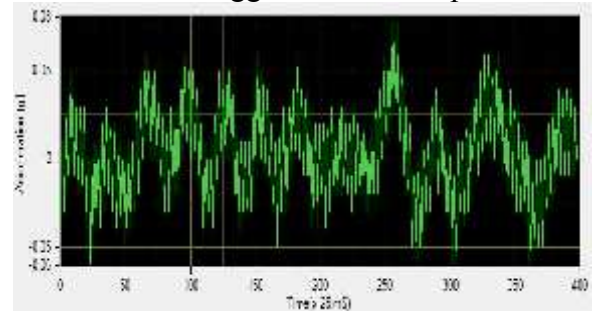
Untuk mengeliminasi tegangan minus maka setelah dilemahkan, tegangan dari Buffer Amplifier di-clamping (U1B,R2,R3) agar level tegangan input untuk adc memenuhi persyaratan yang diinginkan yaitu 2,5 V pada level tegangan sensor tidak mendeteksi adanya getaran.

Sensor piezoelectric miniSense 100 memiliki resolusi 1,1 V/g sedangkan adc yang ada pada mikrokontroler diatur memiliki resolusi 8 bit (20 mV/bit) sehingga adc dapat mendeteksi getaran paling lemah setara dengan  $20\text{ mV}/1,1\text{ V/g} = 0.018\text{ g}$

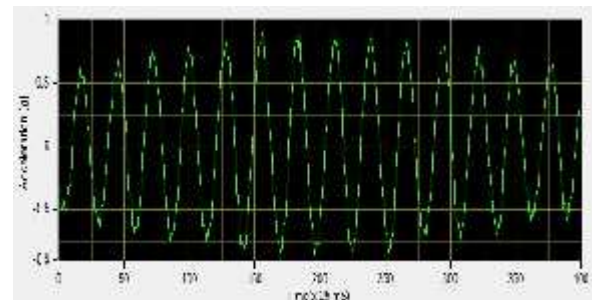
1. Sinyal amplitudo getaran 3mm tidak menggunakan MAF



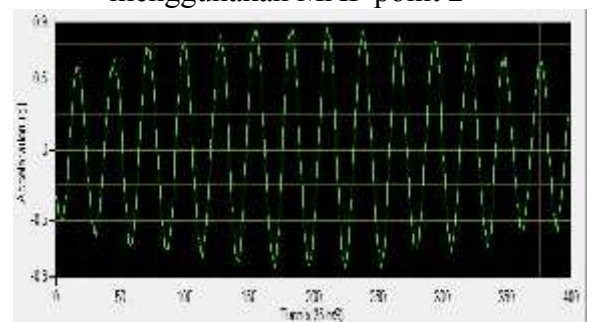
2. Sinyal amplitudo getaran 3mm menggunakan MAF point 2

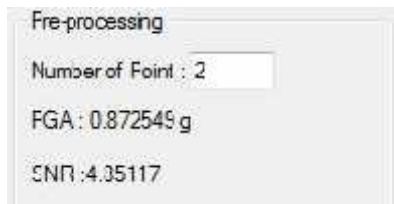


3. Sinyal amplitudo getaran 5mm tidak menggunakan MAF

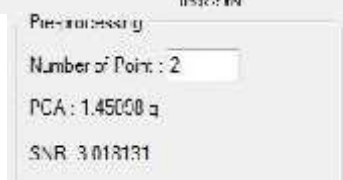
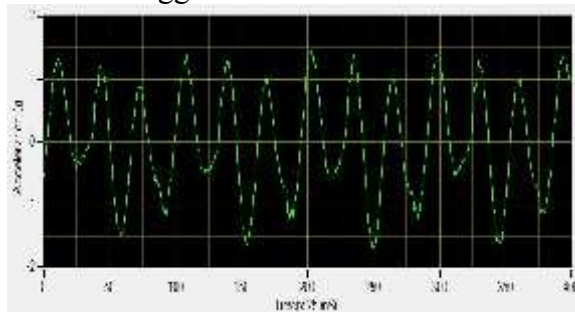


4. Sinyal amplitudo getaran 5mm menggunakan MAF point 2

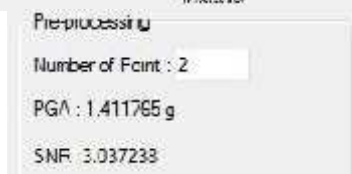
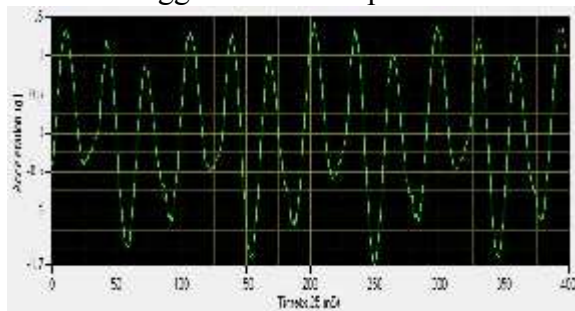




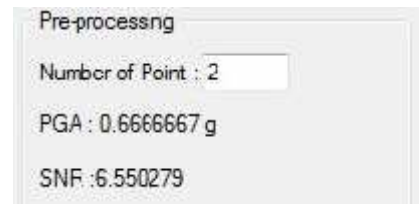
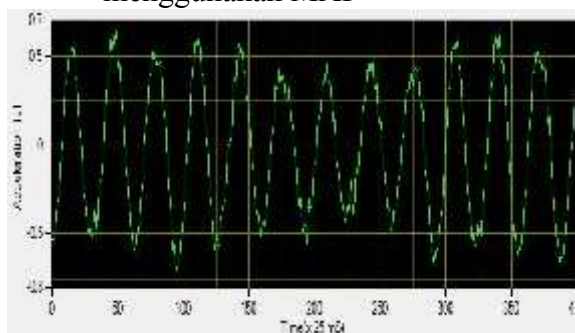
5. Sinyal amplitude getaran 7mm tidak menggunakan MAF



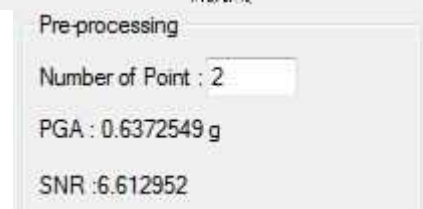
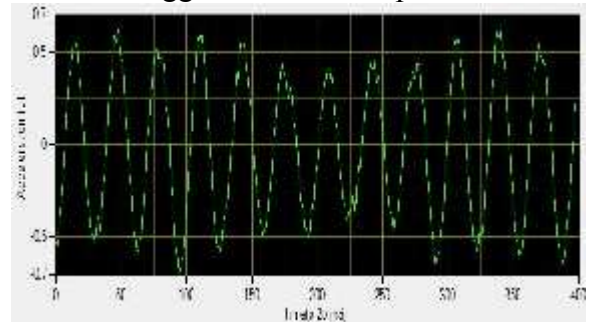
6. Sinyal amplitude getaran 7mm menggunakan MAF point 2



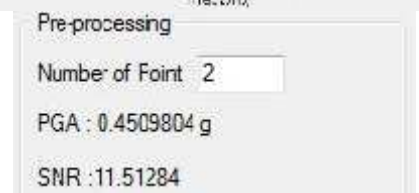
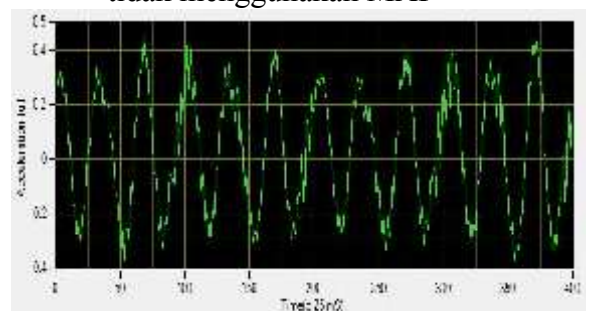
7. Sinyal amplitude getaran 9mm tidak menggunakan MAF



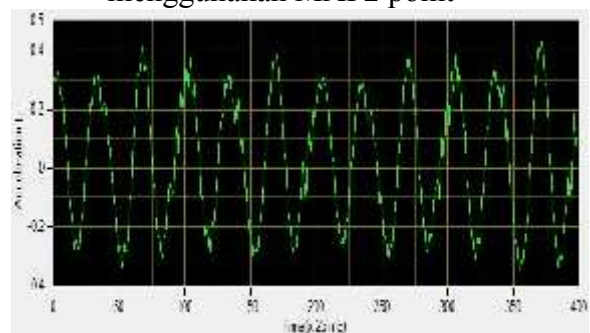
8. Sinyal amplitude getaran 9mm menggunakan MAF 2 point

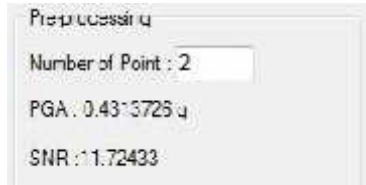


9. Sinyal amplitude getaran 12mm tidak menggunakan MAF



10. Sinyal amplitude getaran 12mm menggunakan MAF2 point





PGA = peak ground acceleration  
SNR = signal to noise ratio

Sebuah sinyal akan baik jika memiliki SNR yang tinggi, terlihat dari hasil pengujian implementasi MAF pada sensor piezo untuk mendeteksi gelombang sesimik yaitu jika tidak menggunakan MAF maka nilai SNR lebih kecil dibandingkan jika menggunakan MAF, namun nilai PGA yang diinginkan menjadi berkurang karena point PGA identik dengan frekuensi tinggi atau respon step yang tajam yang menjadi target utama MAV filter.

MAF adalah filter yang umumnya digunakan dalam digital signal processing karena prosesnya sangat mudah dipahami. Penggunaan filter ini direncanakan untuk mengeliminasi gangguan frekuensi yang berada di luar range frekuensi gelombang seismic (gempabumi) yaitu 0Hz–20Hz tetapi eksistensinya dapat menghilangkan informasi PGA yang memang vital dibutuhkan nilainya.

Tabel 4.1 Hasil Implementasi MAF dengan sensor piezoPVDF

No	Amplitudo (mm)	Tidak pakai MAF		Pakai MAF		Ket
		PAG (g)	SNR	PAG (g)	SNR	
1	3	0,09	90,3	0,07	63,35	
2	5	0,45	11,73	0,49	11,51	
3	7	0,67	6,61	0,63	6,55	
4	9	0,91	4,85	0,87	4,81	
5	12	1,45	3,04	1,41	3,02	

## V. KESIMPULAN DAN SARAN

1. Frekuensi getaran (gelombang seismic) yang digunakan untuk menguji sensor piezoPVDF adalah 2Hz dengan amplitudo 3mm, 5mm, 7mm, 9mm dan 12mm.
2. Implementasi Moving Average Filter dapat mengeliminasi gangguan frekuensi yang berada diluar frekuensi gelombang seismic tetapi dapat menghilangkan

informasi peak ground acceleration (PGA).

3. Implementasi Moving Average Filter dapat menaikkan nilai SNR (signal to noise ratio) tetapi nilai PGA mengakibatkan berkurang.
4. Nilai PGA (peak ground acceleration) dalam satuan grafitasi akan tinggi pada saat sinyal amplitudo getaran yang diberikan juga tinggi (PGA = 0,01G pada saat amplitudo getaran 3mm dan 1,43G pada saat amplitudo getaran 12mm)

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Huadong, Wu. Mel, Siegel. (2000). *Odor-Based Incontinence Sensor*. IEEE Instrument and Measurement.
- [2] A Syafran Ekasapta, (2008) Teori Seismik (<https://asyafe.wordpress.com>)
- [3] Muhammad Jafar Elly (2010), Sistem Peringatan Dini, LIPI
- [4] Neil Morris (2002), *Gempa Bumi*, penerbit PT. Elex Media Komputindo
- [5] KlyX. 2012. Arduino. (<http://klyx.wordpress.com/2012/09/07/arduino/>). MY WEBLOG. Diakses 8 – September – 2014.
- [6] Yelfianhar, Ichwan. “PIEZOELEKTRIK”. ([http://iwan78.files.wordpress.com/2010/11/8\\_piezoelektrik.pdf](http://iwan78.files.wordpress.com/2010/11/8_piezoelektrik.pdf)). Diakses (16-07-2014).